优化科学基金资助政策，助力基础研究高质量发展

汪寿阳　陶 睿　王 珏*

1 中国科学院数学与系统科学研究院 北京 100190
2 中国科学院大学 经济与管理学院 北京 100049
3 中国科学院预测科学研究中心 北京 100190

摘要　当前，世界范围内新一轮科技革命蓬勃兴起，科学技术加速演进，新兴学科不断涌现，基础科学研究在深度和广度上不断拓展，国家自然科学基金面临着新的发展机遇和挑战。优化资助布局，调整资助政策，完善管理模式成为科学基金改革与发展中的重要命题。文章对国际科学基金组织基础研究的资助情况进行分析，总结可借鉴的先进经验，聚焦科学基金资助格局与管理模式，提供可行性建议，为国家自然科学基金在未来发展中优化资助政策，助力基础研究高质量发展，增强我国源头创新能力提供管窥之见。

关键词　科学基金，资助布局，政策优化，基础研究

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20211123001

自 1986 年设立至今，国家自然科学基金坚持支持基础研究，鼓励源头创新，支持自主选题和战略引导相结合，鼓励自由探索和需求导向并举，在促进源头创新中发挥了重要作用，在推动我国科学发展和发现、培养高水平人才方面作出了卓越贡献。

国家自然科学基金制度不断发展完善，资助的高被引论文数居世界科学资助机构之首[1]。国家科技投入不断增加，国家自然科学基金的财政预算从初期的 8 000 万元发展到 2020 年的 289.1977 亿元①。党的十九届五中全会提出：“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。”当前，科学技术日新月异，交叉融合发展趋势明显，科研模式正在发生根本性变革，新一轮科技革命蓬勃兴起，产业变革竞争更加激烈[2]。新的形势迫切要求国家自然科学基金委员会在新时代面向新任务、新要求，优化科学基金资助

*通信作者
资助项目：国家自然科学基金应急管理项目（71843001），国家自然科学基金面上项目（71771208）
修改稿收到日期：2021年11月25日
① 国家自然科学基金委员会 2020 年度报告（https://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/ndbg/2020/01/info81328.htm）。

政策，构建新时代科学基金体系，营造有利于源头创新的良好环境，助力基础研究高质量发展，为繁荣我国科学事业、增强自主创新能力、建设创新型国家作出贡献。

本文从国际科学基金组织基础研究资助情况分析出发，总结可借鉴的先进经验，聚焦科学基金的资助体系和管理模式，着眼于基于科学问题属性分类相适应的资助政策优化，充分考虑发展的可能性及实践的有效性，设计有利于培育创新成果和青年创新人才的资助机制，为我国科学基金的未来发展提供建议，为夯实世界科技强国建设的根基提供管窥之见。

1 国际科学基金组织基础科学研究的资助情况

近现代科学产生以来，科研活动资助来源从私人赞助发展到公共财政，支持方式也从学术奖励逐步演进为科研资助为主，从奖励已有成果到更多地向未来投资[3]。二战之后，欧美部分国家成立了科学基金资助机构。深入分析国际科学基金组织的基础研究资助情况，有助于更好把握科学基金资助政策优化的方向和侧重。

（1）美国。美国国家科学基金会（NSF）不仅重视支持基础研究，在美国的国家教育和科研基础设施建设中也一直扮演着重要的角色[4]。对于变革性研究的概念界定与管理政策，影响着NSF对变革性研究的资助[5]。近年来，NSF研究类项目的资助具有5个特点：① NSF对研究类项目的平均资助强度有所增加；② 加大了对变革性研究的支持；③ 支持融合研究的战略地位[6]；④ 重视对科研创意与理念的激励；⑤ 支持关键技术发展。

（2）欧盟。欧洲研究理事会（ERC）是由欧盟委员会成立的泛欧资助机构。ERC资助的基金类型主要包括：启动基金（starting grants）、巩固基金（consolidator grants）、高级基金（advance grants）、协同基金（synergy grants）和概念验证基金（proof of concept）。其中，概念验证基金是ERC前沿研究项目的延续资助。ERC的资助具有典型的国际化特点，即：面向全球资助优秀研究人员到欧洲开展前沿研究，且实行国际化的同行评议——来自非欧盟国家的评审专家占比达到15%—17%。

（3）德国。德国科学基金会（DFG）是德国最大的独立性研究资助组织。资助项目主要包括：个人资助项目、合作项目、卓越发展计划、基础设施基金、奖励和其他资助。近年来，DFG的资助呈现出以下趋势：① 进一步重视研究人员的职业道德；② 进一步重视机会均等和男女平等，如将其决策机构中女性的比例提高至30%；③ 进一步重视国际合作，通过强化国际化及实施国际合作战略参与国际科学事务[7]。

（4）日本。日本科学振兴会（JSPS）是日本的一个独立行政机构。JSPS的资助类型包括：支持研究项目、加强与社会联系项目、研究完整性项目、培育下一代研究人员项目、加强大学教育和科研职能项目、表彰奖励项目、国际合作项目等。2020年，JSPS预算总额为2 692亿日元。近年来，JSPS的资助呈现追求竞争、全面、学科交叉、国际化的特点。例如：开展"全球倡议"下的精选项目，重点开展学科交叉相关研究；举办国内外的学科交叉交流会议，如科学前沿（FoS）专题讨论会；积极推动产学研合作。

（5）英国。英国研究与创新署（UKRI）于2018年成立，其整合了英国现有科研与创新机构的职能。UKRI的资助体系主要包括："全球挑战研究基金"（Global Challenges Research Fund）、"产业战略挑战基金"（Industrial Strategy Challenge Fund）、"UKRI未来领袖奖学金"（UKRI Future Leaders Fellowships）和"地方实力基金"（Strength in Places Fund），分别针对国家需求的尖端研究、产业发展、创新人才供应、地区发展进行资助。

2 可借鉴的国际经验与启示

各国的科学基金在长期资助管理的过程中，形成了自己的风格和特色，取得了丰硕的成果，积累了一些优秀的经验；总结分析这些经验，对于完善我国科学基金资助与管理模式具有重要借鉴意义。

（1）*科技与经济紧密结合*。科学技术与经济社会发展紧密结合，是实现经济持续稳定增长的必然要求。当前，科学技术越来越成为推动经济社会发展的主要力量，经济高质量发展急需高水平基础研究的供给和支撑，需求牵引、应用导向的基础研究战略意义凸显。2020 年 2 月，美国国防高级研究计划局（DARPA）公布的 2021 财年预算同比增长 10%，其中基础研究预算的 54% 被用于研究和验证新的数学理论、算法、模型和计算机制。2021 年美国众议院通过在未来 5 年内将 NSF 的科研预算增加一倍，进一步赋能美国企业研究的力量。

（2）*注重青年科研人才培养*。从近几年各国在项目设置、遴选、评审的机制可以看出，各国均将培养青年人才放在了越来越重要的位置。例如：NSF“早期职业发展项目”（Faculty Earl Career Development Program）支持初级教师和研究人员；法国国家科研中心建立“空白计划”，鼓励青年研究人员打破框架和顾虑；JSPS 设立“青年科学家资助”（Grant-in-Aid for Young Scientists）项目；DFG 为刚刚获得博士学位的研究人员提供初始基金（start-up funding）；加拿大的“发现资助计划”（Discovery Grants Program）提供了培养本科生、研究生和博士后的关键资源。

（3）*重视人才持续稳定支持*。结合人才成长规律提供相应的持续资助。NSF 非首次持续基金（continuing grant increments）为有创造力的研究者提供继续攻克“高风险”问题的机会，而有风险性的研究问题可以不包含在项目最初的申请报告中。目前，国家自然科学基金的人才类项目主要包括青年科学基金、优秀青年科学基金、杰出青年科学基金、创新群体等。其中，青年科学基金项目惠及面最广，起到了积极的“育苗”作用。但是，如何实现基础研究人才特别是青年人才队伍的持续稳定发展是一项系统工程。

（4）*关注高风险探索型研究*。历史告诉我们，重大科学突破的成果往往来自变革性的研究，但变革性甚至是颠覆性的研究通常具有非常高的风险。早在 1990 年，NSF 设立了“小额探索研究基金”（Small Grants for Exploratory Research），其采用小额资助与连续资助相结合的形式支持高风险、创新性研究。当前，多个国家设立了相关基金项目或机构，如：DFG“高风险探索性研究项目”（Reinhart Koselleck Project）、JSPS“高风险探索性研究”（Challenging Exploratory Research）项目、爱尔兰“颠覆性技术创新基金”（DTIF）、德国网络和关键科技颠覆性创新机构（ADIC）、乌克兰通用高级研究与发展机构（GARDA）等。

（5）*灵活资助激励原始创新*。多个国际科学基金机构采用灵活的项目资助方式来激励原始创新。例如，NSF 瞄准科学与工程前沿的未来资助 10 个“大思路”（Big Idea）提倡科学创新，鼓励各领域的科学和工程交叉融合及领域团队间的合作，包括设立“量子飞跃挑战研究所项目”“量子思想孵化器以促进量子系统变革进步项目”等。NSF 还通过举办创意大赛“The NSF 2026 Idea Machine”等方式广泛激励科研创意与创新理念。德国于 2018 年设立的跨越式创新促进署，专门帮助能给市场带来革命性变化、具有重大社会效益的“开拓性点子”转化为应用。

（6）*注重多学科交叉研究*。科学界普遍认同交叉学科研究是解决许多复杂问题的有效方法，各国鼓励来自不同学科领域的科学家相互合作，有些国家成立专门的机构进行推动。例如：NSF 在交叉学科项目的评审中更加关注申请人跨专业领域转移知识的能

力。澳大利亚研究理事会（ARC）对交叉学科研究项目的资助强调项目研究对其他学科的交叉促进作用。DFG通过资助科学中心的方式来支持交叉学科的发展。

3 国家自然科学基金资助格局的发展

国家自然科学基金实施30多年来，不断根据科技发展趋势和国家战略需求设立相应的项目类型，资助格局日益优化和完善，形成了结构合理、功能完备的资助体系；通过促进知识生产和培育人才，显著推动了我国基础研究的繁荣发展，有力地支撑我国经济社会发展和国际科技竞争力的提升[8]。

（1）“十二五”期间，国家自然科学基金资助格局分为“项目”“人才”和“环境条件”三大系列，构成以人为本、稳定支持、超前培养科技创新人才队伍的资助体系。在此期间，对原有资助体系进行调整，例如：2011年，设立国家重大科研仪器研制项目，面向科学前沿和国家需求，以科学目标为导向，鼓励具有原创性思想的探索性科研仪器研制，着力支持原创性重大科研仪器设备研制，为科学研究提供更新颖的手段和工具，全面提升我国的原始创新能力；2012年，设立优秀青年科学基金，旨在促进青年科学技术人才的快速成长，培养一批有望进入世界科技前沿的优秀学术骨干。

（2）“十三五”期间，国家自然科学基金适应基础研究资助管理的阶段性发展需求，统筹基础研究的关键要素，构建了探索、人才、工具、融合“四位一体”的资助格局。2016年，开始试点资助基础科学中心项目，着力推动学科深度交叉融合，相对长期稳定地支持科研人员潜心研究和探索，致力科学前沿突破，产出一批国际领先水平的原创成果，抢占国际科学发展的制高点，形成若干具有重要国际影响的学术高地。2019年，从突出原始创新、切实提升培育重大原创成果的能力、夯实创新发展的源头基础等角度出发，第八届国家自然科学基金委员会第二次全体委员会议确立了基于“鼓励探索、突出原创，聚焦前沿、独辟蹊径，需求牵引、突破瓶颈，共性导向、交叉融通”4类科学问题属性分类的资助导向。

（3）“十四五”伊始，国家自然科学基金委员会贯彻“四个面向”要求，扎实推动科学基金资助布局改革。根据“源于知识体系逻辑结构、促进知识与应用融通、突出学科交叉融合”的原则，将现有科学部整合为“基础科学、技术科学、生命与医学、交叉融合”四大板块②。特别地，2021年2月，设立原创探索计划项目，以进一步引导和激励科研人员投身原创性基础研究工作，加速实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破。

面向未来，伴随国家自然科学基金持续发展，基金资助模式与资助格局还将更加完善，形成更具活力、更富效率、更加开放的中国特色基金资助体系，推动我国基础研究整体水平不断提升，增强自主创新能力，为加快建设创新型国家奠定坚实的科学基础。

4 优化科学基金资助政策的若干建议

习近平总书记深刻指出，基础研究是整个科学体系的源头，是所有技术问题的总机关。未来科学基金应如何设计和布局？如何优化资助政策？如何进一步加强基础研究？如何进一步增强对基础研究的人才支持？凝练“卡脖子”技术背后科学问题的有效机制有哪些？科学基金未来还应加强哪些方面的支持？针对这些问题，本研究对多位长期从事基础研究的科学家与国家自然科学基金管理人员进行深入访谈和问卷调查，提出以下优化科学基金资助政策的建议。

（1）设立战略性基础研究基地，制定科学基金

② 国家自然科学基金委员会机构概况（http://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/jgsz/01）。

中长期发展规划。加强战略性基础研究组织，设立战略性基础研究基地，按领域方向或专题定期开展“战略性基础研究咨询研讨会议”，面向未来的重大科学挑战，确立需要解决的重大尖端前沿领域。始终坚持基础研究的主线不动摇，立足国家长远发展，制定中长期发展规划，如《国家自然科学基金中长期发展规划（2020—2050年）》，面向科技发展中未来10年甚至30年可能面临的“卡脖子”问题提前布局。

（2）构建基础研究与产业创新相融合的创新发展格局。在创新发展格局中，科技创新在诸多领域对“双循环”发展格局形成强有力支撑，企业也成为基础研究的重要参与主体。既要尊重经济运行规律，更要遵循科技发展规律，推动自由探索和目标导向的有机结合。建议国家自然科学基金委员会与地方政府合作，结合区域优势产业重点技术研发，进一步增强科技基础设施和平台的开放性。同时，加强区域创新网络构建，将构建区域特色的科技创新体系同区域经济社会发展结合起来，将构建跨区域的基础研究创新协同网络同区域协同发展结合起来。

（3）关注创新人才发现，设立“千里马”计划。建议依托国家自然科学基金基础科学中心项目，设立“千里马”计划，将基础科学中心作为探索创新项目和引进创新人才（“千里马”）的试点平台。借助平台优势，克服引人壁垒，将高风险项目探索和创新人才推荐作为基础科学中心的重要工作和考核指标。

（4）鼓励自主创新，重视青年人才培养。*Nature* 最新研究表明：小团队比大团队更能做出颠覆式的创新成果[9]。国家自然科学基金在重视领军人物的同时，更要充分关注“无名小辈”。建议设立专门针对青年研究者的非项目形式的奖励计划，对优秀青年科研人员进行分阶段奖励。此外，博士后是我国科技创新的重要力量，在学科交叉领域有探索的能力和动力；建议对从事交叉学科领域研究的博士后给予适当的倾斜和支持。

（5）强化科学问题凝练机制，完善成果贯通机制。建议国家自然科学基金顺应新时代发展需求，借鉴国际成功经验，强化科学问题凝练机制，组织开展科学发展创新创意大赛，征集未来阶段科学发展的“金点子”；同时，通过设置奖项等一系列措施推动创新“金点子”转化为应用，突破前沿科学发展，产生世界领先技术。

（6）结合学科特点，设计有学科特色的资助工具。以数学学科为例，学术交流是数学工作者产生学术创新的重要途径，许多重要的原创性科学思想是在“喝咖啡”交流的过程中孕育而生。在国际上，德国奥伯沃尔夫（Oberwolfach）数学研究所的数学家高端论坛，邀请国际一流数学家进行学术交流和研究，在促进学术交流和合作方面成效显著。鉴于以上实践经验，建议在国内培育和发展具有国际影响力的学术平台和论坛，并充分考虑学科特点，设计有学科特色的资助工具，有针对性地加强对不同基础学科的精准支持。

当前，国家自然科学基金正在全面深化改革的道路上大步前行，改革成效已显现。未来应继续深入贯彻落实习近平总书记对科技创新工作的重要论述精神，纵深推进全面深化改革，平衡好学科独特性与交叉融合性的关系、纯科学研究与需求导向科学研究的关系，注重研究短期价值与强化科学精神、科研诚信的关系，为增强我国源头创新能力、夯实世界科技强国建设根基作出重要贡献。

参考文献

1 刘多, 宋敏, 谢亚南, 等. 2009—2015年国家自然科学基金资助产出ESI高被引论文分析. 中国科学基金, 2017, 31(4): 353-358.

2 李静海. 大力提升源头创新能力 构建面向新时代的科学基金体系. 求是, 2018, (22): 32-34.

3 王珏, 郑永和, 汪寿阳, 等. 国际科学基金资助战略研究. 北

京: 科学出版社, 2012.

4 徐明慧, 赵世奎, 韩智勇, 等. 美国国家科学基金会战略目标的变迁. 科技进步与对策, 2011, 28(2): 105-108.

5 胡明晖. 美国科学基金会变革性研究资助政策及对我国的启示. 中国科学基金, 2016(2): 159-162.

6 樊春良, 李东阳, 樊天. 美国国家科学基金会对融合研究的资助及启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 19-26.

7 陈乐生. 简析德国科学基金会的国际化战略. 中国科学基金, 2008, 22(2): 112-115.

8 李静海. 国家自然科学基金支持我国基础研究的回顾与展望. 中国科学院院刊, 2018, 33(4): 390-395.

9 Wu L, Wang D, Evans J A. Large teams develop and small teams disrupt science and technology. Nature, 2019, 566: 378-382.

Optimization of Funding Policies of Science Foundation of China for High-quality Development of Basic Research

WANG Shouyang TAO Rui WANG Jue*

（1 Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 Center for Forecasting Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China）

Abstract Nowadays, with the vigorous rise of a new round of scientific and technological revolution around the world, emerging disciplines continue to spring up, science and technology develop rapidly and show the characteristics of intersection and fusion. Meanwhile, complex models appear in the field of scientific research, and talents play an increasingly prominent role in the process of scientific and technological innovation. In this context, National Natural Science Foundation of China (NSFC) is facing a new development opportunity and challenge. It is increasingly significant for how to optimize funding policies, strengthen basic research, enhance talent support for basic research, and build an effective mechanism to condense the scientific problems of bottleneck technology. Focusing on the funding system and management mode of NSFC, we analyze the funding structure and strategies of various international funding agencies in this study. We summarize some meaningful experience and provide feasible suggestions for the optimization of the funding policy for the future development of NSFC. It is helpful for the high-quality development of basic research and the enhancement of China's innovation ability.

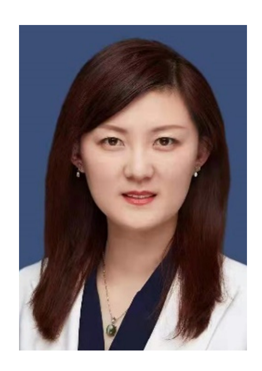
Keywords science foundation, funding distribution, policy optimization, basic research

*Corresponding author



汪寿阳 中国科学院数学与系统科学研究院研究员，中国科学院预测科学研究中心主任。中国科学院特聘研究员，国家杰出青年科学基金获得者，发展中国家科学院院士，国际系统与控制科学院院士。研究领域为：金融管理、物流与供应链管理、预测方法与技术、科技管理与政策分析等。E-mail: sywang@amss.ac.cn

WANG Shouyang Distinguished Researcher of Chinese Academy of Sciences (CAS), Doctoral Supervisor, Recipient of the National Science Fund for Distinguished Young Scholars, Fellow of the World Academy of Sciences for the advancement of science in developing countries (TWAS), and Academician of the International Academy of Systems and Control. He is currently Director of the Center for Forecasting Science of CAS. His research interests include financial management, logistics and supply chain management, forecasting methods and technology, technology management, and policy analysis. E-mail: sywang@amss.ac.cn



王 珏 中国科学院数学与系统科学研究院研究员，中国科学院预测科学研究中心副主任，中国科学院大学继续教育学院副院长。北京市海淀区政协委员。研究领域为：经济预测与决策、智能优化与决策、战略管理等。E-mail: wjue@amss.ac.cn

WANG Jue Research Fellow at Academy of Mathematics and Systems Science (AMSS), Deputy Director of the Center for Forecasting Science, Chinese Academy of Sciences (CAS), and Deputy Dean of Continuing Education School, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS). Her research interests include economic analysis and forecasting, intelligent optimization and decision analysis, and strategic management. E-mail: wjue@amss.ac.cn

■责任编辑：文彦杰